

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-208388

(43)Date of publication of application : 11.09.1991

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 02-003091

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 09.01.1990

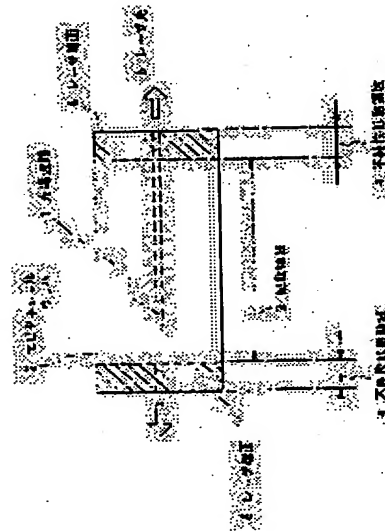
(72)Inventor : UENO YOSHIYASU

## (54) SEMICONDUCTOR LASER, MANUFACTURE THEREOF AND DIFFUSION OF IMPURITY

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To block injection of a current into the regions proximate to laser edge by a method wherein a semiconductor laser consists of a multilayer epitaxial layer, which is provided with a double heterostructure consisting of a first conductivity type clad layer, a superlattice active layer and a second conductivity type clad layer on a semiconductor substrate, and is constituted in such a way that the active layer in the regions proximate to the laser edges contains specific impurity atoms.

**CONSTITUTION:** A semiconductor laser consists of a multilayer epitaxial layer, which is provided with a double heterostructure consisting of a first conductivity type clad layer, a superlattice active layer and a second conductivity type clad layer on a first conductivity type semiconductor substrate, and the active layer in the vicinities of laser and surfaces 6 contains impurities in concentration of  $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  or higher. The active layer in the regions in the vicinities of these layer end surfaces 6 is disordered by this impurities and the band gap energy of the active layer is increased. Moreover, as the active layer in these regions is situated in a layer structure of a first conductivity type semiconductor layer - a second conductivity type semiconductor layer - a first conductivity type semiconductor layer and a depletion layer is generated in the interface between the first conductivity type semiconductor layer on one side and the second conductivity type semiconductor layer in such layer structure, a current is not injected in the active layer. Thereby, an injection of the current into the regions in the vicinities of the laser end surfaces can be stopped.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-208388

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)9月11日

H 01 S 3/18

6940-5F

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全11頁)

⑮ 発明の名称 半導体レーザ及びその製造方法と不純物拡散方法

⑯ 特 願 平2-3091

⑰ 出 願 平2(1990)1月9日

⑱ 発 明 者 上 野 芳 康 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内  
 ⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

## (57) 【要約】

〔目的〕半導体基板上に第1伝導型クラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層とのダブルヘテロ構造を備える多層エピタキシャル層からなり、レーザ端面近傍の領域における活性層が特定の不純物原子を含むようにして、レーザ端面近傍の領域への電流注入を阻止する。

〔構成〕第1伝導型の半導体基板上に、第1伝導型クラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層とのダブルヘテロ構造を備える多層エピタキシャル層からなり、レーザ端面近傍の超格子活性層は $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上の不純物を含む。この不純物はこの領域の超格子活性層を無秩序化し、超格子活性層のバンドギャップエネルギーを増大させる。さらにこの領域の活性層は第1伝導型半導体層-第2伝導型半導体層-第1伝導型半導体層という層構造の中にあり、このような層構造では一方の第1伝導型半導体層-第2伝導型半導体層界面に空乏層が生じるため、活性層には電流が注入されない。これによりレーザ端面近傍の領域への電流注入を阻止できる。

【半導体レーザ製造方法 不純物拡散方法 半導体基板 第1伝導クラッド層 超格子活性層 第2ダブルヘテロ構造 多層エピタキシャル層 レーザ端面近傍領域 不純物原子含有電流注入阻止  $\text{cm}^{-3}$ 以上 不純物無秩序化 バンドギャップエネルギー増大 半導体層層構造 一方界面空乏層生じる電流注入】

(2)

1

2

## 【特許請求の範囲】

(1) 第1伝導型の半導体基板上に、第1伝導型クラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造を備える多層エピタキシャル層からなり、共振器端面近傍の領域における該活性層が $1 \times 10^{-1} \sim 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ 以上のp型またはn型の不純物原子を含み、かつ、該領域の第2伝導型クラッド層の上に第1伝導型の半導体層を備えることを特徴とする半導体レーザ。

(2) 活性層がGaInPまたはAlGaInPの自然超格子からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ。 10

(3) 第1伝導型の半導体基板上に第1伝導型クラッド層と第1伝導型または第2伝導型の超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造を含む多層エピタキシャル層を成長する工程と該エピタキシャル層上に誘電体薄膜を形成し、該誘電体薄膜をパターニングし、不純物拡散をする工程と、該誘電体薄膜をさらにパターニングして光導波路を形成する工程と電流ブロック層の選択成長をする工程とを備えることを特徴とする半導体レーザの製造方法。 20

(4) GaAs基板上にAlGaInP/GaInP系多層エピタキシャル層と、GaAs層またはAlGaAs層の表面層を備えた半導体層に、不純物拡散源としてAs化合物を用いて拡散することを特徴とする不純物拡散方法。

(3)

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-208388

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)9月11日

H 01 S 3/18

6940-5F

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全11頁)

⑮ 発明の名称 半導体レーザ及びその製造方法と不純物拡散方法

⑯ 特 願 平2-3091

⑰ 出 願 平2(1990)1月9日

⑱ 発 明 者 上 野 芳 康 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目7番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 内 原 晋

## 明 細 書

発明の名称 半導体レーザ及びその製造方法と  
不純物拡散方法

## 特許請求の範囲

(1)第1伝導型の半導体基板上に、第1伝導型クラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造を備える多層エピタキシャル層からなり、共振器端面近傍の領域における該活性層が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上のp型またはn型の不純物原子を含み、かつ、該領域の第2伝導型クラッド層の上に第1伝導型の半導体層を備えることを特徴とする半導体レーザ。

(2)活性層がGaInPまたはAlGaInPの自然超格子からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ。

(3)第1伝導型の半導体基板上に第1伝導型クラッド層と第1伝導型または第2伝導型の超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造を含む

多層エピタキシャル層を成長する工程と該エピタキシャル層上に誘電体薄膜を形成し、該誘電体薄膜をパターニングし、不純物拡散をする工程と、該誘電体薄膜をさらにパターニングして光導波路を形成する工程と電流ブロック層の選択成長をする工程とを備えることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

(4)GaAs基板上にAlGaInP/GaInP系多層エピタキシャル層と、GaAs層またはAlGaAs層の表面層を備えた半導体層に、不純物拡散源としてAs化合物を用いて拡散することを特徴とする不純物拡散方法。

## 発明の詳細な説明

## (産業上の利用分野)

本発明は情報処理用の高出力半導体レーザとその製造方法及び半導体デバイスの不純物拡散方法に関するものである。

## (従来の技術)

近年、光ディスクなどの情報処理機器の光源として半導体レーザの高出力化が強く望まれ、注目

(4)

## 特開平3-208388 (2)

を集めている。半導体レーザの高出力化の手法の1つとして、レーザ共振器端面をウィンドウ構造にして該端面のCOD(Catastrophic Optical Damage: 光学損傷)光出力レベルを向上させる方法が昭和59年春季応用物理学学会予稿集31p-M-9に記載されている。CODは半導体レーザの光出力をある限界値(COD光出力)以上に上げたときに瞬時に起きる劣化現象で、レーザ共振器端面近傍が局所的に発熱し、発熱によるバンドギャップエネルギーの減少が新たな光吸収と発熱を生んで該共振器端面が熱的に破壊するために起きるとされている。ウィンドウ構造半導体レーザは、レーザ共振器端面近傍の活性層のバンドギャップエネルギーを大きくして端面がCOD破壊を起こさないようにしたものである。さきに挙げた文献では、活性層に多重量子井戸(MQW)を用い、端面近傍の領域に選択的に不純物を拡散してMQWを無秩序化してバンドギャップエネルギーを広げることで、ウィンドウ構造を実現している。不純物拡散によるMQW無秩序化については、ホロニャックによる文献アブライド

フィジックス レターズ(N. Holonyak, Jr. et al. Applied Physics Letters 39, 102-104頁(1981年))に記載されている。

また、AlGaInP/GaInP系のエピタキシャル層の表面から封管法あるいは閉管法によって不純物を熱拡散する際、V族元素のP原子が脱離してV族欠陥が生じないように表面に十分なP分子を供給する。この供給源は、ZnP<sub>2</sub>などのP化合物不純物源、InPなどの半導体やPH<sub>3</sub>などのガスである。

(発明が解決しようとする課題)

端面近傍以外の通常の領域(勵起領域)と同様な電流注入をウィンドウ領域に対して行くと、該ウィンドウ領域ではバンドギャップエネルギーが異なるために注入された電子-ホールペアはレーザ発振に寄与できない。さらに、MQWを無秩序化するために拡散した多量の不純物が生成した多量の非発光再結合中心で電子-ホールペアが非発光再結合して発熱や欠陥反応を起こして共振器端面の結晶劣化が進み、半導体レーザの信頼性が得られない。

従って、ウィンドウ領域では電流の注入を阻止して、非発光再結合を抑止しなければならない。

またAlGaInP/GaInP系の半導体レーザの製造工程において電流注入領域の形成や、ウィンドウ領域の形成等を目的として不純物拡散が行なわれている。しかし、AlGaInP/GaInP系結晶はP分子やP化合物で表面を保護していても拡散時にV族欠陥が発生し易く、表面層の品質が劣化する。

本発明の目的は端面劣化を防止し、高出力で高信頼な半導体レーザを提供することにある。またAlGaInP/GaInP系の半導体層への不純物拡散において表面層の劣化を防ぐ拡散方法を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明の半導体レーザは、第1伝導型の半導体基板上に第1伝導型のクラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造をこの順序で含む多層エピタキシャル層からなり、共振器端面近傍の領域における該活性層が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上のp型またはn型の不純物原子を含み、かつ、該

領域の第2伝導型クラッド層の上に第1伝導型の半導体層を備えることを特徴とする。

また本発明の半導体レーザの製造方法は、第1伝導型の半導体基板上に第1伝導型のクラッド層と第1伝導型または第2伝導型活性層と第2伝導型クラッド層のダブルヘテロ構造を含む多層エピタキシャル層を成長する工程と該エピタキシャル層上に誘電体薄膜を形成し、該誘電体薄膜をパターニングして不純物拡散をする工程と、該誘電体薄膜をさらにパターニングして光導波路を形成する工程と電流ブロック層の選択成長を行う工程とを備えることを特徴とする。

また本発明の不純物拡散方法はGaAs基板上のAlGaInP/GaInP系多層エピタキシャル層への不純物拡散においてGaAsまたはAlGaAsを表面層とし、不純物拡散源としてAs化合物を用いて固相拡散することを特徴とする。

(作用)

まず本発明の半導体レーザの作用について第1図を参照しながら説明する。第1図はレーザの平面模

(5)

## 特開平3-208388 (3)

式図である。本発明の半導体レーザのレーザ共振器端面6近傍の超格子活性層は $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高濃度の不純物を含むため、超格子が無秩序化している。このため、この領域の活性層のバンドギャップエネルギーは他の領域に比べて大きく、ウィンドウ領域4となる。さらに、該ウィンドウ領域4では第2伝導型クラッド層が第1伝導型半導体層で被われているので逆バイアスがかかり、電流の注入が阻止されている。

つぎに本発明の半導体レーザの製造方法の作用について第3図(a)(b)(c)(d)を参照しながら説明する。まずクラッド層36及び38と超格子活性層37からなるダブルヘテロ構造及びキャップ層40を含む多層エピタキシャル層の上に誘電体薄膜を形成し、該誘電体薄膜をパターニングして第3図(a)に示すように誘電体ストライプマスク31を形成したのちに不純物拡散を行い、不純物拡散領域32を設ける。このとき不純物拡散領域32の超格子活性層37が高濃度の拡散不純物を含むように拡散する。第3図(b)に示すように、レジストストライプマスク33

を形成してから、誘電体ストライプマスク31とキャップ層40及び第2導電型クラッド層38の途中までをエッチングで除去することで、第3図(c)に示すように凸型のメサ型クラッド層34が形成され、これはレーザ共振器を構成する光導波路となる。ここでレジストストライプマスク33を有機溶剤で除去すると、第3図(d)に示すようにさきに拡散マスクとして用いた誘電体薄膜が破綻状に残り、誘電体破綻状マスク39となる。これを選択成長マスクとして電流ブロック層をエピタキシャル成長すると、メサ型クラッド層34の外側の領域と不純物拡散をした領域32であるウィンドウ領域では電流注入が阻止できる構造が完成する。

次に本発明の不純物の拡散方法の作用について説明する。

AlGaInP/GaInP系多層エピタキシャル層の表面はGaAsまたはAlGaAs層によって保護されている。該GaAsまたはAlGaAs層の表面は、不純物拡散源のAs化合物から供給されるAs分子によって保護されている。P系エピタキシャル層からのP原子の脱離

にくらべてAs系エピタキシャル層からのAs原子の脱離速度は充分に小さく、該GaAsまたはAlGaAs層の表面保護は容易である。

上記の半導体レーザの製造方法において、ウィンドウ領域を形成するための不純物拡散にこの拡散方法を適用することができる。

## (実施例)

本発明の半導体レーザとその製造方法の一実施例を、半導体レーザの平面図を示す第1図、断面図を示す第2図(a)(b)および製造工程を示す第3図(a)(b)(c)(d)を参照しながら以下に説明する。

まず、第2図に示すようにn型GaAs基板11上にn-GaAsバッファ層12、n-AlGaInPクラッド層13、GaInP活性層14、p-AlGaInPインナークラッド層15、p-AlGaInPアウトークラッド層16、p-GaAsキャップ層17を順次有機金属気相成長法(Metal-organic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE法)により積層成長した。結晶成長法は、MOVPE法に限らずMBE法、ガスソースMBE法などが可能である。n-AlGaInPクラッド層13から、p-AlGaInPアウトーク

ラッド層16までの4層がダブルヘテロ構造となっている。GaInP活性層14は(111)方向に自然超格子を形成している。フィジカルレビューレターズ参照(Phys. Rev. Let. 60 (1988)2645ページ)。この後の工程は第3図を用いて作用の項で説明したことと同様である。つぎにp-GaAsキャップ層17の上に誘電体薄膜を蒸着する。誘電体薄膜は $\text{SiO}_2$ を用いた。続いてフォトリソグラフィによりこの誘電体薄膜をパターニングして誘電体ストライプマスク第3図31を形成する。これを拡散マスクとして封管拡散法で不純物を拡散した。不純物拡散源には $\text{ZnAs}_2$ を用いた。この不純物拡散領域32をレーザ光に対する作用を表してウィンドウ領域(第1図、第2図参照)と呼ぶことにする。誘電体ストライプマスク31の下のGaInP活性層にはZnは拡散しない。この領域はレーザ発振に必要な利得を得るので動起領域(第1図第2図参照)と呼ぶ。次に、フォトリソグラフィにより不純物拡散領域32と直交する方向にレジストストライプマスク33を形成し、これをマスクにして誘電体ストライプマスク31とp-GaAsキャップ

(6)

## 特開平3-208388 (4)

層第2図17とp-AlGaInPアウタークラッド層16を順次ウェットエッチングにより除去する。これにより、p-AlGaInPアウタークラッド層16とp-GaAsキャップ層17は凸型のメサ型クラッド層34となり、その上に誘電体破線状マスク39が形成される。レジストストライプマスク33を有機溶剤で除去してからn-GaAsブロック層をエピタキシャル成長すると、誘電体薄膜の選択性のために誘電体破線状マスクを除く領域に該GaAs層18が成長した。最後に誘電体破線状マスク39をフッ酸でエッチングして除去してからp-GaAsコンタクト層19をエピタキシャル成長し、p電極22とn電極21を形成し、レーザウェハが完成した。不純物拡散領域32内の任意箇所該領域の境界と並行な方向にへき開し、このへき開面をレーザ共振器端面6とする半導体レーザ素子(第1図)を得た。また、メサ型クラッド層34がダブルヘテロ構造内に閉じ込められたレーザ光5の横モードを制御するので、該メサ部が光導波路1となっている。レーザ共振器をなす光導波路1のうち、レーザ共振器端面6近傍はウィンド

ウ領域4に、レーザ共振器中央部は励起領域3になっている。第2図(a)には励起領域の、(b)にはウィンドウ領域の、それぞれ共振器方向と直交する面で該半導体レーザを切ったときの断面構造を示した。第2図(a)の励起領域3では、p-GaAsコンタクト層19から注入されるホールはメサ型クラッド層をなすp-GaAsキャップ層17とp-AlGaInPアウタークラッド層16を経てGaInP活性層14へ注入される。これに対して、第2図(b)のウィンドウ領域4では、メサ型クラッド層が全てn-GaAsブロック層18で被われているのでホール注入が阻止されている。以上のようにして得られた半導体レーザでは共振器端面は光学損傷を受けにくく、従来の半導体レーザに比べて2倍以上高い光出力が得られた。また本実施例では従来導波路を備えているので発振面電流密度も低かった。

また本発明の半導体レーザの製造方法を用いれば、セルフアラインな加工工程で容易に屈折率導波構造とウィンドウ構造を形成できる利点がある。

本実施例では活性層14にGaInP自然超格子層を用いたがAlGaInP自然超格子層を用いることもできる。あるいは、GaInP層50ÅとAlGaInP層80Å、8周期の多重量子井戸層を用いても同様の効果があり、高出力レーザが得られる。量子井戸構造の層厚、層数は目的に応じて設定すればよい。またGaAs/AlGaAs系、InP/InGaAsP系等他の材料にも適用できる。例えば活性層をGaAs50Å、AlGaAs80Å8周期の多重量子井戸構造としたAlGaAs/GaAsレーザにも適用でき同様に共振器端面での光学損傷を抑制できる。

また本実施例ではウィンドウ領域形成時にGaAsキャップ層を拡散表面とし、ZnAs<sub>2</sub>を用いて固相拡散したのでキャップ層のAs原子の欠陥発生が抑制され表面の品質劣化を防ぐことができた。実施例では表面層をGaAs層としたがAlGaAs層としてもよい。また不純物拡散源としてZnAs<sub>2</sub>を用いたがZn<sub>2</sub>As<sub>3</sub>でもよいし、CdとAsの化合物等、Asを含んだ不純物拡散源であれば適用できる。本発明の不純物拡散方法は半導体レーザのウィンドウ領域

形成以外にAlGaInP/GaInP系半導体デバイスの電流注入領域などにおける不純物拡散領域形成に適用することができ、拡散表面層の劣化防止に効果がある。

## (発明の効果)

本発明の半導体レーザおよびその製造方法によれば、発振面電流密度が低く、COD光出力が高く、共振器端面の劣化が少なく信頼性が高い半導体レーザを得ることができる。本発明の製造方法によれば、高出力半導体レーザを簡単なセルフアラインな加工工程で製作することができる。

また本発明の不純物拡散方法により、不純物拡散表面層の結晶品質の劣化の少ないウィンドウ領域を形成することができた。これにより、ウィンドウ構造高出力レーザの信頼性を充分に高めることができた。他の半導体デバイスの高信頼化にも効果がある。

## 図面の簡単な説明

第1図は本発明の半導体レーザの作用を示す平面図、第2図は本発明の半導体レーザの1つの実施例



(7)

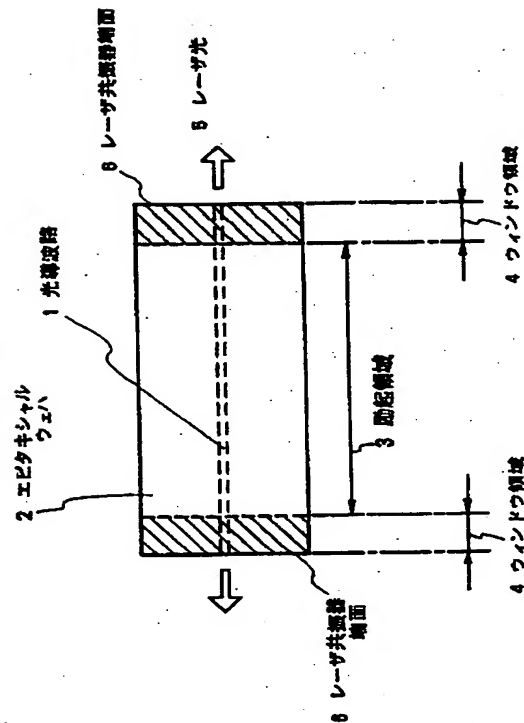
特開平3-208388 (5)

を示す断面図、第3図(a)~(d)は本発明の半導体レーザの製造方法の1つの実施例を示す製造工程図である。

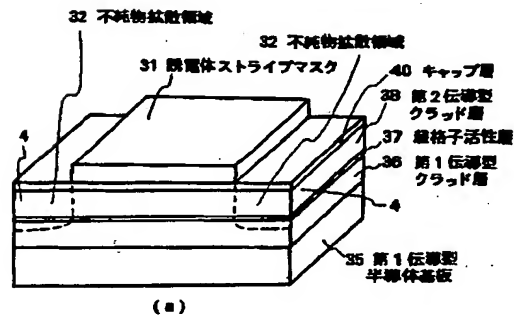
図において、1--光導波路、2--エピタキシャルウェハ、3--励起領域、4--ウィンドウ領域、5--レーザ光、6--レーザ共振器端面、11--n-GaAs基板、12--n-GaAsバッファ層、13--n-AlGaInPクラッド層、14--GaInP活性層、15--p-AlGaInPインナークラッド層、16--p-AlGaInPアウトークラッド層、17--p-GaAsキャップ層、18--n-GaAsブロック層、19--p-GaAsコンタクト層、21--n電極、22--p電極、31--誘電体マスク、32--Zn拡散領域、33--レジストストライプマスク、34--メサ型クラッド層、35--第1伝導型半導体基板、36--第1伝導型クラッド層、37--超格子活性層、38--第2伝導型クラッド層、39--誘電体破線状マスク、40--キャップ層。

代理人 弁理士 内原 晋

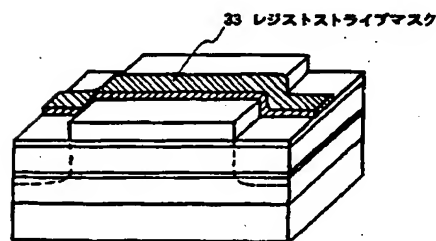
図 1



第 3 図

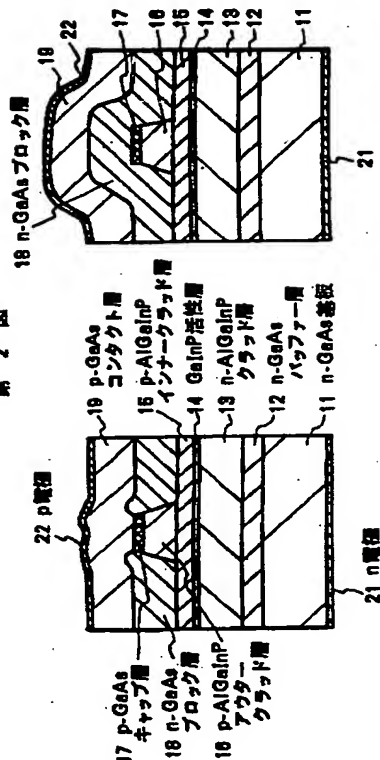


(a)



(b)

第 2 図

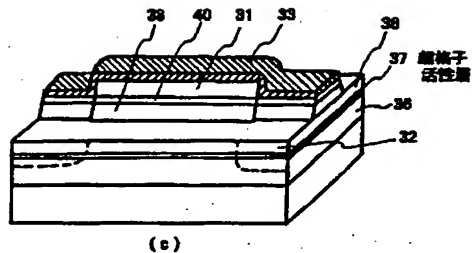


(a) ウィンドウ領域

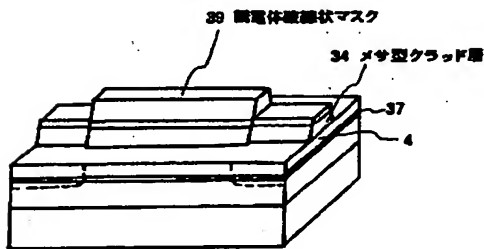
(a) 励起領域

(8)

第 3 図



(c)



(d)

## 5. 補正の対象

願書と明細書の発明の名称の欄

明細書全文

図面

## 6. 補正の内容

(1) 発明の名称を「半導体レーザ及びその製造方法」と補正する。

(2) 明細書全文を別紙のとおり補正する。

(3) 図面を別紙のとおり補正する。

代理人 弁理士 内原 晋

特開平3-208388 (8)

手続補正書(自発)

3. 2. 22

平成 年 月 日



特許庁長官 殿

1. 事件の表示 平成 2年 特許願 第 003091号

2. 発明の名称

半導体レーザ及びその製造方法

3. 補正をする者

事件との関係

出 願 人

東京都港区芝五丁目7番1号

(423) 日本電気株式会社

代表者 関本 忠弘

4. 代 理 人

〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号

日本電気株式会社内

(6591) 弁理士 内 原 晋

電話 東京 (03) 3454-1111(大代表)

(連絡先 日本電気株式会社 特許部)



別紙

明 細 書

発明の名称 半導体レーザ及びその製造方法

特許請求の範囲

(1) 第1伝導型の半導体基板上に、第1伝導型クラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造を備える多層エピタキシャル層からなり、レーザ端面近傍の領域における該活性層が $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上の不純物原子を含み、かつ、該領域の第2伝導型クラッド層の上に第1伝導型の半導体層を備えることを特徴とする半導体レーザ。

(2) 活性層がGaInPまたはAlGaInPの自然超格子からなることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザ。

(3) 第1伝導型の半導体基板上に第1伝導型のクラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層からなるダブルヘテロ構造を含む多層エピタキ

(9)

## 特開平3-208388 (7)

シャル層を成長する工程と、該エピタキシャル層上に形成しパターンニングされた誘電体膜を拡散マスクとして不純物を選択拡散する工程と、さらにパターンニングした該誘電体膜をマスクとして第1伝導型半導体層を選択成長する工程とを備えることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体レーザの製造方法。

(4) GaAs基板上に第1伝導型のAlGaInPからなるクラッド層とGaInPまたはAlGaInPからなる活性層と第2伝導型のAlGaInPからなるクラッド層とGaAsまたはAlGaAsからなる表面層を備える多層エピタキシャル層を成長する工程と、該多層エピタキシャル層にAs化合物を拡散源として不純物を拡散する工程とを備えることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の半導体レーザの製造方法。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は情報処理用の高出力半導体レーザとその製造方法に関するものである。

(従来の技術)

不純物拡散で部分的に無秩序化することにより、拡大されている。このようなMQWの無秩序現象については以前アプライドフィジクスレターズ誌(W. D. Laidig et al., Applied Physics Letters, 1981, vol. 38, pp. 776-778)に報告されている。前述の鈴木らの半導体レーザのレーザ端面近傍の活性層では、高濃度の不純物の拡散が多くの欠陥を導入している。このため、鈴木らは該領域のp型クラッド層の一部と電極を除去して活性層への電流注入を避けている。

高出力化のもう1つの方法として、自然超格子活性層の無秩序化を利用した半導体レーザが特開平1-014986号公報に公開されている。この半導体レーザのレーザ端面近傍の活性層の自然超格子も不純物拡散によって部分的に無秩序化されている。このため、端面近傍の活性層のバンドギャップエネルギーは、共振器内部の活性層をなす自然超格子のバンドギャップエネルギーに比べて大きい。自然超格子はGaInPやAlGaInPを有機金属気相結晶成長法(Metalorganic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE法

近年、光ディスクなどの情報処理機器の光源として半導体レーザの高出力化が強く望まれている。半導体レーザの高出力化を制限する要因の1つはレーザ端面の光学損傷(Catastrophic Optical Damage: CODと略す)である。CODは、レーザ光がレーザ端面近傍で吸収され、レーザ端面近傍が局部的に発熱して破壊されるために起きることが知られている。

高出力化の1つの方法として、多重量子井戸(Multi-Quantum Wells: MQWと略す)活性層の無秩序化を利用した半導体レーザがエレクトロニクスレターズ誌(Y. Suzuki et al., Electronics Letters, 1984, vol. 20, pp. 383-384)に報告されている。MQWは人工超格子とも呼ばれている。上述の半導体レーザは顕著なCODレベルの改善を示した。その理由は、レーザ端面近傍の活性層のバンドギャップエネルギーがレーザ共振器内部のそれに比べて大きく、レーザ光がレーザ端面近傍で吸収されにくいためである。レーザ端面近傍の活性層のバンドギャップエネルギーは、該活性層をなすMQWを

と略す)で成長する際に形成されること、(111)方向にAl原子またはGa原子とIn原子が交互に並んでいることが知られている。この自然超格子の形成は、例えば、AlGaInP中のそれぞれAl-P、Ga-P、In-Pの結合長が異なることによって生じていると考えられる。この自然超格子が、MQWと同様に、不純物拡散によって無秩序化されてバンドギャップエネルギーが増大することはジャパニーズジャーナルオブアプライドフィジクス誌(A. Gomyo et al., Japanese Journal of Applied Physics, 1988, vol. 27, pp. L1549-L1552)に報告されている。

(発明が解決しようとする)

さきに述べたように、高出力化のために高濃度の不純物を拡散したレーザ端面近傍の活性層には不純物と共に多量の欠陥が導入されるため、該領域への電流注入を阻止する必要がある。しかし、該領域への電流注入を阻止するためにクラッド層を除去すると、半導体レーザをヒートシンクに融着する際に該領域近傍の活性層に歪応力を与え、信頼性を低下させる。これに対し、本発明の半導

(10)

## 特開平3-208388(8)

体レーザでは、クラッド層を除去することなく該領域への電流注入が阻止されている。

また、半導体レーザの製造方法が複雑になると、製造に関わる確実性および信頼性が低下し、製造コストが増加する。本発明の半導体レーザの製造方法によれば、本発明の半導体レーザを簡便かつ確実に製造することができる。

また、GaInPやAlGaInPなどの化合物半導体層に不純物拡散を行う際には該半導体層表面からのP原子の脱離が生じ易く、従って該半導体層表面の結晶品質が低下する。本発明の半導体レーザの製造方法によれば、半導体層表面の結晶品質を低下させずにGaInPやAlGaInPからなる半導体層へ不純物を拡散し、本発明の半導体レーザを製造することができる。

(課題を解決するための手段)

本発明の半導体レーザは、第1伝導型の半導体基板上に、第1伝導型クラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層のダブルヘテロ構造を備える多層エピタキシャル層からなり、レーザ端面近傍

ル層にAs化合物を拡散源として不純物を拡散する工程とを備えることを特徴とする。

(作用)

まず本発明の半導体レーザの作用を説明する。本発明の半導体レーザのレーザ端面近傍の超格子活性層は $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上の不純物を含む。この不純物は該領域の該超格子活性層を無秩序化し、該超格子活性層のバンドギャップエネルギーを増大させる。該超格子活性層がGaInPあるいはAlGaInP自然超格子からなる場合もこれと同様である。さらに該領域の活性層は第1伝導型半導体層-第2伝導型半導体層-第1伝導型半導体層という層構造の中にある。このような層構造では一方の第1伝導型半導体層-第2伝導型半導体層界面に空乏層が生じるため、該活性層には電流が注入されない。

次に本発明の半導体レーザの製造方法の作用を説明する。本発明の半導体レーザの製造方法は、パターンニングされた誘電体膜を拡散マスクとして不純物の選択拡散を行い、特定の領域の超格子活性層に不純物を導入する。該誘電体膜は、このあ

の領域における該活性層が $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上の不純物原子を含み、かつ、該領域の第2伝導型クラッド層の上に第1伝導型の半導体層を備えることを特徴とする。

また、本発明の半導体レーザの製造方法は、第1伝導型の半導体基板上に第1伝導型のクラッド層と超格子活性層と第2伝導型のクラッド層からなるダブルヘテロ構造を含む多層エピタキシャル層を成長する工程と、該エピタキシャル層上に形成しパターンニングされた誘電体膜を拡散マスクとして不純物を選択拡散する工程と、さらにパターンニングした該誘電体膜をマスクとして第1伝導型半導体層を選択成長する工程とを備えることを特徴とする。

さらに、本発明の半導体レーザの製造方法は、GaAs基板上に第1伝導型のAlGaInPからなるクラッド層とGaInPまたはAlGaInPからなる活性層と第2伝導型のAlGaInPからなるクラッド層とGaAsまたはAlGaAsからなる表面層を備える多層エピタキシャル層を成長する工程と、該多層エピタキシャ

ルの光導波路形成工程で半導体層と共にさらにパターンニングされる。次に、このように2重にパターンニングされた該誘電体膜を選択成長マスクとして第1伝導型半導体層を選択成長すると、該第1伝導型半導体層は光導波路の形成を完成する。この時同時に、上述の第1伝導型半導体層-第2伝導型半導体層-第1伝導型半導体層構造が該不純物拡散領域に形成される。

また、本発明の半導体レーザの製造方法は、表面層にGaAsあるいはAlGaAs層を備える多層エピタキシャル層にAs化合物を不純物拡散源として該選択拡散を行う。この際、GaAsあるいはAlGaAs層からV族原子Asは脱離しにくい。また、該As化合物は充分なAs蒸気を生じ、該表面層を保護する。従って、該表面層の結晶品質は低下しない。不純物は表面層を含む数種類の半導体層を突き抜けて活性層へ拡散する。

(実施例)

本発明の半導体レーザとその製造方法の一実施例を図を参照しながら以下に示す。第1図、第

(11)

特開平3-208388 (9)

2図、第3図はそれぞれ本発明の半導体レーザの平面図、断面図、製造工程を示す。

まず第3図(a)に示すように、 $n$ -GaAs基板11上に順次 $0.3\mu\text{m}$ 厚の $n$ -GaAsバッファ層12、 $1.0\mu\text{m}$ 厚の $n$ -AlGaInPクラッド層13、 $0.06\mu\text{m}$ 厚のアンダーブGaInP活性層14、 $0.30\mu\text{m}$ 厚の $p$ -AlGaInPインナークラッド層15、 $5\text{nm}$ 厚の $p$ -GaInPエッチングストッパー層、 $0.9\mu\text{m}$ 厚の $p$ -AlGaInPアウトークラッド層16、 $10\text{nm}$ 厚の $p$ -GaInPヘテロバッファ層、 $0.3\mu\text{m}$ 厚の $p$ -GaAsキャップ層17を積層成長した。結晶成長はMBE法、ガスソースMBE法、CBE法などが可能だが、本実施例ではMOVPE法を用いた。成長温度は $660^\circ\text{C}$ 、V族原料供給量/III族原料供給量比(V/III比)は150、成長速度は $1.8\mu\text{m/hr}$ である。原料にはトリメチルアルミニウム(TMA)、トリエチルガリウム(TEG)、トリメチルインデウム(TMI)、ジメチルジニク(DMZ)、フォスフィン( $\text{PH}_3$ )、アルシン( $\text{AsH}_3$ )、ジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )を用いた。 $p$ -GaAsキャップ層17は、この後の不純物拡散の際に表面層となる。アンダーブGaInP活性層14に注入されたキャリ

アが再結合しレーザ発振に必要な利得を与える。レーザ光は主にアンダーブGaInP活性層14とそれを取り囲む $n$ -AlGaInPクラッド層13、 $p$ -AlGaInPインナークラッド層15、 $p$ -AlGaInPアウトークラッド層16の中に閉じ込められる。図面では簡単のために、GaInPエッチングストッパー層およびGaInPヘテロバッファ層を省略した。本実施例のアンダーブGaInP活性層14およびGaInPエッチングストッパー層の組成は $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ (バンドギャップエネルギー $E_g$ は $1.85\text{eV}$ )であるが、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 、 $0 < x \leq 0.20$ を用いてもよい。このアンダーブGaInP(あるいはAlGaInP)活性層14には自然超格子が形成される。AlGaInPクラッド層の組成は $0.4 \leq x \leq 1.0$ が適当だが、本実施例では $x=0.6$ を用いた( $E_g=2.27\text{eV}$ )。GaInPエッチングストッパー層は、後で述べる光導波路の形成の際に利用される。GaInPヘテロバッファ層はGaAs層とAlGaInP層のヘテロ界面に生じるバンドの不連続変化を低減するために導入した。

次に、第3図(a)に示すように $p$ -GaAsキャップ層17上に誘電体膜31を蒸着し、フォトリソグラフィ法を用いてストライプ状にパターンニングした後に封管拡散法でZn不純物を拡散した。第3図(a)にはZnの拡散フロントを破線で示してある。拡散源には $\text{ZnAs}_2$ や $\text{Zn}_3\text{As}_2$ 等のAs化合物が適当である。本実施例では $\text{ZnAs}_2$ を用いた。このとき不純物拡散領域4のアンダーブGaInP活性層14に導入される高濃度のZnは、該活性層のバンドギャップエネルギーを増大する。つぎに、第3図(b)に示すように該誘電体膜31および $p$ -GaAsキャップ層17の上に再びフォトリソグラフィ法でレジストストライプマスク32を形成した後、第3図(c)に示すように誘電体膜31、 $p$ -GaAsキャップ層17、GaInPヘテロバッファ層、 $p$ -AlGaInPアウトークラッド層16を順次化学的エッチング処理で除去した。以上の工程により、 $p$ -AlGaInPアウトークラッド層16、 $p$ -GaInPエッチングストッパー層、 $p$ -AlGaInPインナークラッド層15、アンダーブGaInP活性層14、 $n$ -AlGaInPクラッド層13からなるストライプ状の光導

波路1が形成された。前述の $p$ -GaInPエッチングストッパー層は、この化学的エッチング処理深さの制御性を高めている。つぎに、第3図(d)に示すように該レジストストライプマスク32を除去した後、誘電体膜31をマスクとして $0.8\mu\text{m}$ 厚の $n$ -GaAsブロック層を選択成長した。該 $n$ -GaAsブロック層は不純物拡散領域4上に成長し、該領域への電流注入を阻止する。また、該 $n$ -GaAsブロック層は光導波路1の外側の領域にも成長して該領域への電流注入を阻止し、かつ、レーザ光を該光導波路1に閉じ込める。つぎに、誘電体膜31を除去し、さらに $3.0\mu\text{m}$ 厚の $p$ -GaAsコンタクト層を成長した。 $n$ -GaAsブロック層および $p$ -GaAsコンタクト層の成長にはMOVPE法を用いた。成長温度は $660^\circ\text{C}$ 、V族原料供給量/III族原料供給量比(V/III比)は50、成長速度は $3.0\mu\text{m/hr}$ である。原料にはトリメチルガリウム(TMg)、ジメチルジニク(DMZ)、アルシン( $\text{AsH}_3$ )を用いた。 $p$ -GaAsコンタクト層を成長した後、 $p$ 電極、 $n$ 電極を形成し、最後に不純物拡散領域4をへき開してレーザ端面を形成して半導体レーザが完成した。完成

(12)

した半導体レーザの平面図を第1図に示す。不純物が拡散されていない領域でレーザ発振に必要な利得が発生するので、該領域を励起領域3と呼ぶ。第2図(a)、(b)にそれぞれ励起領域3および不純物拡散領域4における半導体レーザの断面図を示した。電流注入に起因する発熱を効率よく放熱するために、該半導体レーザのp電極側をヒートシンクに融着して実装した。

#### (発明の効果)

本発明の半導体レーザでは、レーザ端面近傍の領域への電流注入を半導体層の導入によって阻止しているので該領域の活性層は $3\mu\text{m}$ 以上の充分な厚さのGaAs層に被われている。従って、p電極側をヒートシンクに融着する際に生じる歪応力は活性層には届かず、該半導体レーザは高い信頼性を示した。

また、本発明の半導体レーザの製造方法によれば、誘電体膜を選択拡散マスクと選択成長マスクに兼用するため、選択成長マスクと不純物拡散領域の位置合わせをする必要が無い。また、不純物

拡散を行う際、半導体表面層からのV族原子の脱離が少なく表面層の結晶品質は低下しない。従って、本発明の製造方法によれば、確実性が高く、信頼性が高く、製造コストが低い。

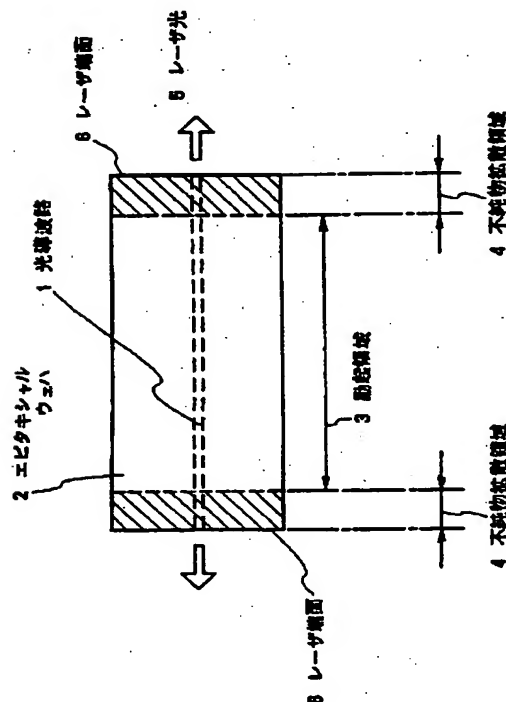
#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の1つの実施例の半導体レーザの平面図、第2図は該半導体レーザの断面図、第3図は該半導体レーザの製造工程を示す図である。

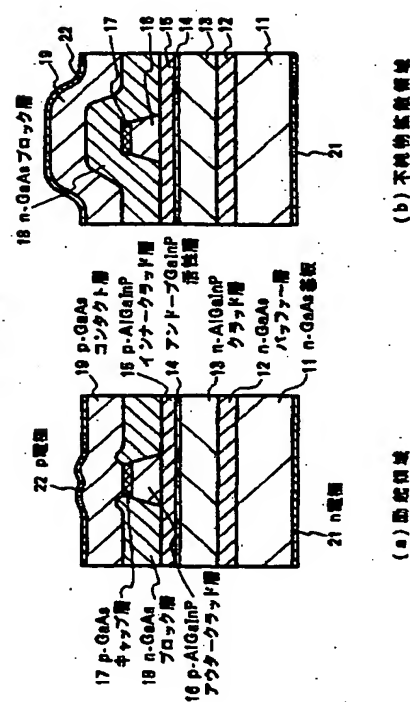
図において、1—光導波路、3—励起領域、4—不純物拡散領域、6—レーザ端面、11—n-GaAs基板、12—n-GaAsバッファ層、13—n-AlGaInPクラッド層、14—アンドープGaInP活性層、15—p-AlGaInPインナークラッド層、16—p-AlGaInPアウトークラッド層、17—p-GaAsキャップ層、18—n-GaAsブロック層、19—p-GaAsコンタクト層、31—誘電体膜、32—レジストストライプマスク。

代理人 弁理士 内原 晋

第1図



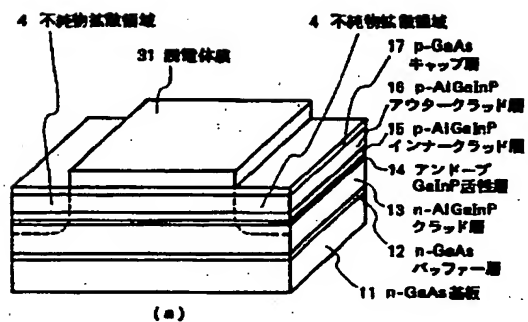
第2図



(13)

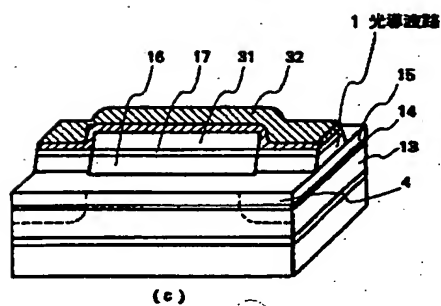
特開平3-208388 (11)

第 3 図

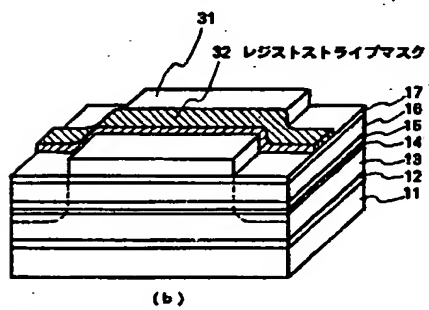


(a)

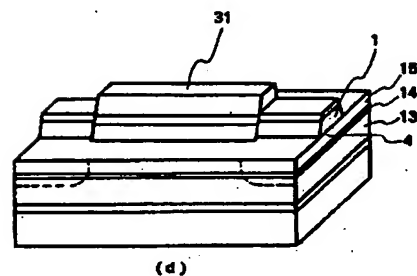
第 3 図



(c)



(b)



(d)